
НЕКЛАСИЧЕСКА НАУКА И НЕКЛАСИЧЕСКИ ЛОГИКИ

АНГЕЛ С. СТЕФАНОВ* КВАНТОВО-ЛОГИЧЕСКИ И КОНСТРУКТИВЕН ПОДХОД КЪМ МИКРОСВЕТА¹

Abstract: The aim of the paper is to reveal the epistemological pretensions and possibilities of the two general approaches to providing understanding of the strange behavior of the quantum objects. The first one is quantum logical, the other is theoretical-and constructive one. It has been shown that quantum logic based on the basic mathematical structure of quantum mechanics, the Hilbert space, demonstrates the empirical adequacy of this first theory about the micro-world. However, quantum logic refers to the empirical level of the behavior of quantum objects. It provides us with knowledge how they behave in different experimental situations, but remains silent about why they behave in this way, and not in another one. The latter knowledge could be principally reached through the theoretic-and-constructive approach. It exploits classical logic, but its results are non-classical theoretical models of quantum objects.

Keywords: quantum mechanics; quantum logical approach; constructive approach; non-classical theories of the micro-world.

Жителите на микросвета, така наречените квантови обекти или микро-обекти, имат необичайно поведение при провежданите с тях експерименти. Тук иде реч за атомите, за елементарните частици, както и за изграждащите силно взаимодействащите частици кварки. *Именно жителите на микросвета са тези, благодарение на които обитаваният от човека свят се представя във веществени и енергийни форми.* Тяхното парадоксално поведение има различни прояви, които са неприсъщи на добре познатите ни предмети и връзки между тях, конституиращи цялостния непосредствен човешки опит. Един електрон може да се намира едновременно на всички нему достъпни места, например около ядрото на невзаимодействащ атом, поради което в съвременните учебници по физика и химия се използва изразът „електронен облак“. Напротив, една билиардна топка има винаги ясно определено място и скорост върху повърхността на масата, което прави ясно зримо нейното динамично поведение за всеки един наблюдател. Но движението на квантов обект от една точка до друга се осъществява не по една определена траектория, а по много възможни траектории едновременно. Квантовите обекти проявяват парадоксален вълново корпускулен дуализъм и се подчиняват на релациите за неопределеност на Хайзенберг. А странните им суперпозиционни

* Чл.-кор. проф. в ИФС, БАН. Email: angstefanov@abv.bg

¹ Темата на статията е към проект на ФНИ ДН 15/14 от 18.12.2017 със заглавие „Некласическа наука и некласически логики. Философско-методологически анализи и оценки“.

състояния посягат дори към обекти от познатия ни свят, като придобилата вече популярност полумъртва и полужива котка на Шрьодингер.

Още „класическата“ квантова механика, установила се като научна теория в края на 20-те години на миналия век, описва чрез своя математически апарат странното поведение на обитателите на микросвета. Това описание, обаче, макар и да позволява точни предсказания за него в рамките на квантовите вероятности, не обяснява причините за това поведение. Поради това още със самото свое възникване квантовата механика се нуждаеше от концептуална интерпретация. Оттогава до края на 80-те години на миналия век най-популярната нейна интерпретация, наричана още ортодоксална, беше Копенхагенската интерпретация, основана върху така наречения принцип на допълнителността на Нилс Бор. От началото на 90-те години като най-популярно тълкуване на квантово-механичните парадокси се закрепил многосветовата интерпретация (*many-worlds interpretation*), чиито основи бяха положени още в края на 50-те години от Хю Еверет, като тя съвсем не е единствената.

Добре, но как бихме могли да се доберем до разбиране за странното от гледна точка на хилядолетния човешки опит поведение на квантовите обекти? По всичко изглежда, че пътищата за това могат да бъдат само два. Единият е в търсенето на някаква нова *некласическа логика* (наречена впоследствие „квантова логика“), която да ни предоставя възможност за описание на техните експериментални прояви. Другият предполага *конструирането на техни теоретични модели*, които да стоят в съгласие с общите принципи на квантовата механика, както и с възприета идейна картина за природата на микросвета, задавана от някаква концептуална интерпретация. Последната играе съществена познавателна роля, защото може дори да забранява теоретичното изграждане на такива модели, какъвто е случаят с Копенхагенската интерпретация.

Целта на настоящата статия е да изяви познавателните възможности на посочените два пътя към разбирането на микросвета.

Само няколко години след създаването на квантовата механика в края на 20-те години на миналия век възникна убеждението, че странностите на микросвета биха могли да се уловят от една нова логика, чиято система от изказвания да описва добре експериментите с квантови обекти. Така, в началото на 30-те години се появиха първите тризначни квантови логики, предложени от Ф. Цвики, Х. Райхенбах, З. Завирски и др. Този подход за въвеждане на квантова логика се основава върху Боровия принцип на допълнителността. Ако се разполага с една ясна формулировка на този принцип, ще се оцени и уместността на тризначните квантови логики, разработени чрез него. Затова не е излишно да се напомни, че самият Бор никога не е формулирал допълнителността като номологично твърдение и не е наричал тази своя идея „принцип“. Освен това, този принцип (както впоследствие започна да се нарича Боровата идея за допълнителността) не би трябвало да се възприема като нещо независимо от контекста на Копенхагенската интерпретация

на квантовата механика. Тъкмо това положение поставя „препъни-камък“ пред семантиката на този тип тризначни логики. Защото принципът на допълнителността не е нито аксиома, нито теорема в самата теоретична структура на квантовата механика, а е мета-теоретично схващане, имащо както гносеологични, така и онтологични аспекти (Стефанов 1998: 47–48). Поради тази причина изграждането на квантова логика се насочи впоследствие не към логическото експлоатиране на този принцип, а към особеностите на самата математическа структура на квантовата механика.

Оставяйки настрана безспорния принос на Нобеловите лауреати Алберт Айнщайн, Луи дьо Бройл и Ервин Шрьодингер за полагаането на голяма част от теоретичните съставки на квантовата механика, то като нейни идейни бащи трябва да бъдат посочени Нилс Бор, Макс Борн и Вернер Хайзенберг, също Нобелови лауреати. Но ако първите двама не са приемали на сериозно обръщането към някаква неklasическа квантова логика, то последният е смятал, че това е пътят за осмисляне на странностите на микросвета. Именно Хайзенберг стои зад убеждението, че „математическата схема на квантовата теория може да бъде изтълкувана като разширение или модификация на класическата логика“, като се позовава в тази връзка на историческата работа на Биркхоф и фон Нойман (Гейзенберг 1963: 153).

Един поглед към „математическата схема“ на квантовата механика изявява нейната основа като комплексно векторно пространство, известно като Хилбертово пространство, чийто вектори представят възможните състояния на квантовите обекти. Всеки вектор на състоянието на един квантов обект принадлежи на някакво подпространство на Хилбертовото пространство, към което може да се прилага съответен оператор, представящ дадена физическа величина. Собствените стойности на такива оператори, прилагани към вектори на състоянието, задават стойностите на измеримите физически величини. Резултатите от опитните измервания се изразяват езиково чрез съответстващи изказвания. Тези изказвания в квантовата логика значи се закрепват в еднозначно съответствие с подпространства на Хилбертовото пространство. Ако сечението на две от тях е празно, тогава съответстващите изказвания не могат да стоят в конюнкция, тя се превръща в неистинно изказване. Именно във връзка с това обстоятелство известният философ на науката Хилари Патнъм постановява как да изведем правилата на квантовата логика: „просто разчетете логиката от Хилбертовото пространство (just read the logic off from the Hilbert space)“ (Putnam 1969: 222).

Така например, ако Q_1, Q_2, \dots, Q_n са всички изказвания за възможното местоположение на една елементарна частица, а P_1, P_2, \dots, P_m е множеството от изказвания за възможния ѝ импулс (които се поставят във взаимно еднозначна връзка с базисните вектори съответно на позиционните и импулсните състояния), то формулата

$$(1) Q_i \wedge (P_1 \vee P_2 \vee \dots \vee P_m), \text{ за всяко } i = 1, \dots, n,$$

не е еквивалентна в рамките на квантовата логика с формулата

$$(2) (Q_i \wedge P_1) \vee (Q_i \wedge P_2) \vee \dots \vee (Q_i \wedge P_m).$$

В рамките на класическото пропозиционално изчисление (1) и (2) са еквивалентни изказвания. Отпадането на добре познатия дистрибутивен закон в квантовата логика се дължи на факта, че всяко изказване от типа $Q_i \wedge P_j$ ($j = 1, \dots, m$) е погрешно, тъй като съответства на празното подпространство на Хилбертовото пространство. Така става видно как математическият формализъм на квантовата механика изразява невъзможността за конюнкция на изказвания, носещи знания за едновременните стойности на определени квантови величини (чийто оператори не комутират).

Защо обаче, независимо от наличието на ясна формулировка на квантовата логика, която тук няма да представям, тя не се приема като обяснение на квантовомеханичните парадокси не само, както посочих по-горе, от създатели на квантовата механика като Н. Бор и М. Борн, но и от повечето теоретици?

По всичко изглежда причините за това са две. Първата от тях е методологична и твърде важна за разкриване природата на микросвета. Както вече бе изяснено, приложимостта на квантовата логика към микросвета се състои в описанието на поведението на квантовите обекти при различни типове експерименти, и понеже е породена от самата математическа структура на квантовата механика, *тази неклассическа логика демонстрира нейната теоретична адекватност*. Независимо от това обаче, квантовата логика не дава обяснение защо поведението на квантовите обекти е точно такова, каквото е. С други думи, тя не разкрива причините, на които се дължи наблюдаваното парадоксално поведение. Те могат да бъдат изяснени само ако разполагаме с детайлна теория за микросвета. Като пропозиционално изчисление обаче квантовата логика не е нова логика на разсъждаване при самото теоретично изследване на структурата на микросвета, и в този смисъл *тя не е логика, диктуваща самото конструиране на теоретични модели на квантовите обекти*. Познавателното равнище на квантовата логика е феноменалистско, а не структурно теоретично.

Втората причина е по-малко известна. Тя е от епистемологично естество и засяга природата на познавателните структури, прилагани към неклассически обекти, каквито са квантовите обекти. Вероятно някои философи са се догаждали за тази причина, но доколкото ми е известно, само известният философ на науката Марио Бунге ѝ е обърнал специално внимание.

“Мнението, възходящо към фон Нойман и споделяно от някои математици и философи, според което квантовата механика предполага революция в логиката, е необосновано. Квантовата механика, ако бъде аксиоматизирана, предполага определени математически теории с „встроена“ в тях обичайна логика. По-нататък, ако квантовата механика би се подчинявала на своя собствена логика, то тя не би могла да се обединява с класическите теории, например с теорията на Максвел, за да може да извежда проверими твърдения“ (Бунге 1975: 288).

Този цитат разкрива една интересна познавателна тънкост. Колкото Хайзенберг и автори като Патнъм са прави, че квантовата логика може да се

изгради чрез разчитане на основната математическа структура на квантовата механика – Хилбертовото пространство, толкова прав е и Бунге, че самата тази математическа структура не предполага вложена в нея друга логика, различна от обичайната предикатна логика. Иначе квантовата теория не би могла да се съчетава с предходни теории, например със специалната теория на относителността, за да се получи нова, по-обща теория за микросвета, като квантовата теория на полето.

И наистина, формалната аксиоматизация на Хилбертовото пространство, в качеството му на комплексно векторно пространство, *не изисква* привличането на неklasическа логика. Ако това не беше така, то затруднението пред познанието ни за микросвета би нараснало повече. Онтологичната интерпретация на квантовата логика тогава би се превърнала в голямо препятствие пред разбирането на микросвета. Установяването на феноменалисткия характер на квантовата логика отстранява едно такова препятствие, но ни сюрпризира с възможността един математически език, който не предполага вградена в самия него неklasическа логика, но предназначен за обхващане на поведението на неklasически обекти, да поражда неklasическа логика за представяне на опитното поведение на такива обекти.

Да погледнем сега към другия подход към разбирането на микросвета – теоретико-конструктивния. От него следва да се очаква не толкова систематизирано описание на опитното поведение на квантовите обекти (давано чрез формализма на квантовата логика), колкото предоставянето на теоретично обяснение за това поведение. Такова обяснение може да се очаква обаче само ако конструктивният подход изпълнява своята цел – изграждането на по-обща картина за микросвета от тази на квантовата механика, или на детайлизиран теоретичен модел за квантовите обекти, съхраняващ нейните основни принципи: този за суперпозицията на квантовите състояния и принципа за неопределеност на Хайзенберг. Най-добрият вариант е да бъдат реализирани и двете възможности.

За да бъде обоснован конструктивният подход, обаче е необходимо *изясняване и епистемологична оценка на Айнщайновата теза за непълнотата на квантовата механика*. Защото ако бъде прието, че квантовата механика е пълна теория, то пред този подход пътят би бил принципно затворен, като не би останало местенце дори за доизкусуряващи детайли. Именно затова такова изясняване стои на преден план, най-малкото и поради приеманото от не малко философи убеждение, че в спора между Бор и Айнщайн правотата се оказала на страната на първия. Сега ще видим обаче до каква степен и в какъв смисъл това убеждение е правилно.

Известно е, че съгласно Копенхагенската интерпретация на квантовата механика питането „Какво е квантовият обект сам по себе си?“, сиреч как такъв обект съществува извън актовете на експериментално определяне на търсени квантови величини, е неправомерно задавано. Това следва от феноменалистката позиция на Н. Бор, изразявана чрез неговия принцип на допълнителността.

Нека изясня тази позиция накратко.

При даден тип експерименти един квантов обект, например един електрон, „се държи“ като частица (например при локализацията му чрез сцинтилационен екран), но в друг тип експериментални ситуации се проявява като разпространяваща се в пространството вълна (например дифрактира през кристална решетка). Във втория случай обаче, когато електронът „преминава“ през няколко отвора едновременно, класическият принцип на причинността се нарушава. Понеже електронът не може да бъде частица и вълна *едновременно*, то двата способа за неговото описание ще бъдат *допълнителни*, в смисъл на допълващи се една друга картини, *които заедно изчерпват пълната информация за него*. „Ние трябва да смятаме – казва Н. Бор – пространствено-времето представяне и изискването за причинност, чието съединяване характеризира класическите теории, като допълнителни, но изключващи се една друга черти на описанието на съдържанието на опита; тези черти символизират идеализацията на възможностите за наблюдение и, следователно, определение“ (Бор 1971: 31).

Още от тази първа формулировка на идеята за допълнителност² става виден феноменалисткия подход на Н. Бор. За него определение на едно свойство означава неговото наблюдение, описано чрез класическите понятия на физиката. Показателен в това отношение е фактът, че винаги когато Бор използва прилагателното „допълнителен“, то участва в изрази като „допълнителния характер (природа, черти) *на описанието на атомните явления*“. Както посочва известният историк и философ на физиката Макс Джемер, в своята Комо-лекция³ Бор употребява това прилагателно петнадесет пъти и винаги в сродни на посочения израз комбинации (Jammer 1974: 95).

Методологическата предпоставка, водеща до идеята за допълнителност, Бор формулира по следния начин: „Колкото и далеко да излизат явленията извън рамките на класическото физическо обяснение, всички опитни данни трябва да се описват с помощта на класически понятия“ (Бор 1971: 406). Тази постановка е *предпоставка* на принципа (както авторите след Бор се изразяват) на допълнителността, защото езиковото ограничение за използването само на класически понятия ни закотвя към известните ни вече две допълнителни картини *на описание на квантовите явления*. Опитните данни несъмнено се вместиат в тях, но извън техните граници попада всеки опит за теоретично конструиране на природата на самите квантови обекти. Така се ражда и декларацията, че не може да има смислен отговор на питането какво е квантовият обект сам по себе си.

Независимо от тази декларация в Копенхагенската интерпретация се поддържа твърдението, че квантовата механика е пълна теория. Алберт

² Идеята за допълнителност е изложена за пръв път от Нилс Бор в неговата Комо-лекция, изнесена на 16 септември 1927 г. в италианския град Комо пред Международния конгрес на физиците, свикан в чест на стогодишнината от смъртта на Алесандро Волта.

³ Вж. предходната бележка.

Айнщайн обаче не намира, че за загърбването на това питане има ясни теоретични аргументи. Исторически погледнато, *позицията на Айнщайн се гради върху две тези.*

Първата от тях е, че квантовата механика е непълна теория, защото има вероятностно-статистически характер и се отнася до описанието на ансамбли от частици, а не представя динамиката и свойствата на квантовия обект в пространството и времето независимо от експерименталните ситуации, в които те могат да бъдат наблюдавани. Както вече бе изяснено, този отказ от теоретично представяне на квантовите обекти в пространството и времето е следствие от отказа на Копенхагенската интерпретация да се търси отговор на питането за тяхната онтологична природа в свободно състояние, сиреч извън актовете на тяхното наблюдение. Вероятностното описание например на един свободен електрон чрез плоска вълна, разпротряна в цялото пространство, е твърде не информативно от теоретико-конструктивна гледна точка.

Втората теза на Айнщайн относно непълнотата на квантовата механика се основава върху неговото *разбиране за реалност на физическите обекти.* В детайли съм го представил и анализирал на друго място (Стефанов 1999: 70–102), затова тук ще посоча само един ключов елемент от него, застъпен в прочутата тройна статия на Айнщайн, Подолски и Розен със заглавие „Може ли квантовомеханичното описание на физическата реалност да се смята за пълно?“ (Айнщайн и др. 1988). Тази работа е публикувана през 1935 г., като авторите си поставят за цел да докажат отрицателния отговор на заглавния въпрос, сиреч, че квантовата механика е непълна теория. Тук няма да излагам идейната схема на тази интересна статия, довела до формулирането на така наречения АПР-парадокс (парадокс на Айнщайн-Подолски-Розен). Ще посоча обаче обстоятелството, че този парадокс би бил силен аргумент в подкрепа на Айнщайновото разбиране за физическа реалност, стига за микросвета да беше валидна неговата теза, че не са възможни „призрачни въздействия на разстояние“. Айнщайн е вярвал, че ако две квантови частици си взаимодействат и сетне се раздалечат на произволно отстояние една от друга, то експеримент, проведен с първата частица, не би могъл да повлияе на състоянието на втората⁴. През 1964 г. Бел ясно показва, че квантовата механика е несъвместима с предполагаемото въвеждане на локални скрити параметри. Така квантовите обекти отново ни изненадват с наличието на мигновени връзки по между си, които бяха впоследствие експериментално потвърдени.

Дори гениален мислител като Айнщайн, притежаващ удивителна интуиция, е отхвърлял „призрачните въздействия на разстояние“. Веднага трябва да уточня обаче, че това обстоятелство не разрушава из основи неговото разбиране за реалност на физическите обекти – твърдение, което съм обосновал на друго място (Стефанов 1999: 70–102). По-важно за настоящото изследване е обстоятелството, че провалът на втората теза не накърнява

⁴ Вж. края на посочената тройна статия (Айнщайн и др. 1988: 369).

първата теза на Айнщайн за непълнота на квантовата механика, която има методологическа основа.

Ако вълновите и корпускулните описания на квантовите явления, стоящи в допълнителни отношения едни към други и изразяващи крайните резултати от експериментите с квантови обекти, не представят същността на самите квантови обекти, то що за обекти са те? Това е ключов въпрос, заобикалян от ортодоксалната интерпретация на квантовата механика.

За да бъдат обяснени, а не само описани свойствата на всеки един обект на изследване, то необходимо е релевантно знание за неговия начин на съществуване. Това естествено от логическа гледна точка положение обаче се приема като неприложимо към квантовите обекти. Аргументът за неговото неприемане традиционно се свежда до твърдението, че проявата на несъвместими вълнови и корпускулни свойства изключва изграждането на пространствено-времеви модел на елементарните частици. Известните съотношения за неопределеност на Хайзенберг „не могат да бъдат обаче изтъкнати като „моделни“ свойства на обектите“ (Бор 1971: 486).

Последната, вярна сама по себе си констатация на Бор, се разширява до убеждението, че *теоретичен пространствено-времеви модел на квантовия обект изобщо е невъзможен*. Доколкото това убеждение никога не е било достатъчно добре обосновано, то би могло да се възприеме като предубеждение, осланящо се не върху силата на доказателството, а върху преклонението пред авторитети.

Като базисни понятия в известните опити за аксиоматизация на квантовата механика се използват тези за „състояние на системата“ и „наблюдаема (величина)“. Напълно разбираемо е обаче от логическа гледна точка, че *преди* да се говори за различни състояния на квантовите системи, би трябвало да се въведе теоретичното представяне на самите квантови системи. Понятието „система“ логически предхожда понятието за нейните състояния. В квантовата механика това не е направено. Липсва теоретичен модел на централния обект на изследване – квантовата „частица“. Ето защо тази теория може да се определи като непълна.

Тук именно се срещаме със следния *методологически парадокс*. Бащите на квантовата механика (и техните последователи, прегърнали Копенхагенската интерпретация) не отричат факта, че в нея отсъства структурен модел на основния ѝ предмет на изследване – на квантовия обект сам по себе си – но въпреки това настояват, че теорията е пълна в теоретично отношение. Ако се приеме неизбежността на този методологически парадокс, то трябва да се признаят дескриптивните възможности на квантовата логика, в качеството ѝ на пълно систематично представяне на експерименталните регистрации на квантовите обекти.

Привържениците на Копенхагенската интерпретация на квантовата механика приемат спокойно този наличен парадокс, защото са възприели феноменалисткия характер на принципа за допълнителност като познавателно откровение. Подобен принцип обаче възниква като историческо обяснение

на опитното поведение на нови за човешкото познание неklasически обекти. Той не ни казва нищо за тяхната собствена природа. В рамките на квантовата механика, която е първата теория за микросвета, такъв принцип изглежда да е първа стъпка при осмислянето на поведението на квантовите обекти в различни експериментални ситуации. Дали обаче познанието за тези обекти би следвало да се задоволи с феноменалисткия характер на подобен тип принципи? Ако отговорът на този въпрос е положителен, то споменатият методологически парадокс трябва да бъде загърбен и забравен. Ако обаче отговорът е отрицателен, то тогава теоретичното познание би следвало да се обърне към възможностите на теоретико-конструктивния подход в разбирането на микросвета. Този подход разчита не на експлоатирането на неklasическа логика, а на изграждането на неklasически теории за природата на квантовите обекти. Тези теории могат да бъдат само неklasически, поради релациите за неопределеност на Хайзенберг, отмахващи теоретичното въвеждане на класически траектории за микро-обектите, и отсъствието на локални скрити параметри, диктуващи тяхната динамика.

Първата голяма стъпка в това отношение беше създаването на квантовата теория на полето. Тази теория успя да обхване взаимодействията и преобразуванията на всички познати ни елементарни частици. Бе установена и квантовата структура на адроните, основана на различни съчетавания на базисни частици, именувани кварки⁵. Това бе първият методологически пробив на Копенхагенската забранителна теза за структурен модел на квантовите обекти, изразена най-ярко чрез позицията на Хайзенберг, че кварки не могат да съществуват (Гейзенберг 1987: 175)⁶.

Впоследствие бяха предложени различни теоретични модели на квантовия свят, като такива с *нелокални* скрити параметри, към идейните опити за които съм бил съпричастен (Anastassov, Stefanov 1986). Тук само ще отбележа, че основанието за тези непрестанни опити е стремежът към обединение на четирите познати на науката природни взаимодействия в рамките на една обхватна теория. Най-новите опити в това отношение са така наречените струнови теории, както и теоретичните модели на квантовата гравитация, отнемачи дори фундаменталния онтологичен статус на пространство-времето (Musser 2017). Защото полетът на творческото въображение в познанието на света, който обитаваме, няма цена, ако целта е разбулването на неговите пределни основания.

⁵ Терминът „адрони“ е въведен като кратко наименование на голямото семейство на силно взаимодействащите си елементарни частици, каквито са барионите и мезоните. Първите, като например протоните и неутроните, са съставени от по три различни кварка, а мезоните са структурирани от по два кварка.

⁶ Платоническата философия на Хайзенберг е диктувала неговото твърдо убеждение, че всички квантови обекти са еднакво фундаментални. Предпоставките на тази философия, както и нейните методологически следствия съм изявил подробно в (Стефанов 1999: 30–47).

ЛИТЕРАТУРА

- Айнщайн, Подолски, Розен. 1988. Може ли квантовомеханичното описание на физическата реалност да се смята за пълно? // Айнщайн, Алберт. 1988. *Избрани произведения*. София: Издателство „Наука и изкуство“, 363–369.
- Бор, Н. 1971. *Избранные научные труды в двух томах*, т. II. Москва: Издательство „Наука“.
- Бунге, М. 1975. *Философия физики*. Москва: Издательство „Прогресс“.
- Гейзенберг, В. 1963. *Физика и философия*. Москва: Издательство иностранной литературы.
- Гейзенберг, В. 1987. *Шаги за горизонт*. Москва: „Прогресс“.
- Стефанов, А. С. 1998. *Философия и допълнителност. За и против*. София: Издателство ЛИК.
- Стефанов, А. С. 1999. *Що е физическа реалност?* Габрово: Alma Mater Int.
- Anastassov, Stefanov. 1986. On the Interpretation of Quantum Mechanics: Complementarity and Beyond. // Chr. Toegel (Hrgs.), *Struktur und Dynamik wissenschaftlicher Theorien*. Frankfurt am Main. Bern. New York: Verlag Peter Lang, 65–90.
- Jammer, M. 1974. *The Philosophy of Quantum Mechanics. The Interpretation of Quantum Mechanics in Historical Perspective*. New York: Wiley-Interscience.
- Musser, G. 2017. Spacetime Is Doomed. // Wuppuluri, Shyam and Giancarlo Ghirardi (eds.), *Space, Time and the Limits of Human Understanding*. Springer International Publishing, 217–227.
- Putnam, H. 1969. Is Logic Empirical?. // *Boston Studies in the Philosophy of Science*, Vol. V. Dordrecht: D. Reidel.

ТРАНСЛИТЕРАНА ЛИТЕРАТУРА

- Einstein, Podolsky, Rosen. 1988. Mozhe li kvantovomechanicheskoto opisanie na fizicheskata realnost da se smyata za palno? // Einstein, Albert. 1988. *Избрани произведения*. Sofia: Izdatelstvo „Nauka i izkustvo“, pp. 363-369.
- Bohr, Niels. 1971. *Избранные научные труды в двух томах*, т. II. Москва: Издателство „Наука“.
- Bunge, Mario. 1975. *Filosofia fiziki*. Moskva: Izdatelstvo „Progress“.
- Heisenberg, Werner. 1963. *Fizika i filosofia*. Moskva: Izdatelstvo inostrannoy literatury.
- Heisenberg, W. 1987. *Shagi za gorizont*. Moskva: „Progress“.
- Stefanov, A. S. 1998. *Filosofia i dopalnitelnost. Za i protiv*. Sofia: Izdatelstvo LIK.
- Stefanov, A. S. 1999. *Shto e fizicheska realnost?* Gabrovo: Alma Mater Int.